



中华人民共和国海洋行业标准

HY/T 227—2018

海平面上升影响脆弱区评估技术指南

Technical guide to vulnerable area assessment of sea level rise impacts

2018-02-13 发布

2018-05-01 实施

国 家 海 洋 局 发 布

目 次

前言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 评估区域与评估单元 2

5 评估资料 2

6 评估方法 2

7 评估成果 6

8 资料和成果归档 6

附录 A（资料性附录） 海平面上升分析预测方法 7

附录 B（资料性附录） 脆弱性评估指标体系 10

附录 C（资料性附录） 指标权重计算方法 13

附录 D（资料性附录） 考虑沿海地区防御能力的海平面上升可能影响范围分析方法 16

附录 E（资料性附录） 土地利用与脆弱性关系参考表 18

附录 F（资料性附录） 海平面上升影响脆弱区评估成果图件要求 21

附录 G（规范性附录） 海平面上升影响脆弱区评估报告格式 22

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由国家海洋局提出。

本标准由全国海洋标准化技术委员会(SAC/TC 283)归口。

本标准起草单位:国家海洋信息中心。

本标准主要起草人:李响、段晓峰、王慧、高志刚、刘克修、付世杰、范文静、张建立、袁文亚、李程、李文善、潘嵩。

海平面上升影响脆弱区评估技术指南

1 范围

本标准规定了海平面上升影响脆弱区评估的内容、资料、技术方法、成果形式以及归档要求。
本标准适用于中国沿海地区海平面上升影响的脆弱区评估。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 14914.1 海洋观测规范 第1部分:总则

GB/T 21010 土地利用现状分类

GB 21139—2007 基础地理信息标准数据基本规定

HY/T 056—2010 海洋科学技术研究档案业务规范

HY/T 058—2010 海洋调查观测监测档案业务规范

HY/T 134—2010 海平面观测与影响评价

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

海平面变化 sea level change

指由洋盆地形状况、海水总质量和海水密度改变引起的平均海平面高度的变化。

3.2

海平面上升 sea level rise

指由全球气候变暖导致的冰川融化、海水受热膨胀等原因引起的平均海平面高度抬升的现象。

3.3

海平面上升影响 impacts of sea level rise

指在一定条件下和一定时期内海平面上升对自然环境、社会经济和人类适应状况可能产生的作用与造成的各种后果及结果的变动程度。

3.4

海平面上升影响的脆弱性 vulnerability of sea level rise impacts

指一定时期内某个系统应对海平面上升不利影响能力的强弱程度。

3.5

海平面上升影响脆弱区 vulnerable area of sea level rise impacts

指基于海平面上升影响脆弱性定量评估和空间单元等级划分而确定的区域。

4 评估区域与评估单元

4.1 评估区域

海平面上升影响的脆弱区评估可以选取某一行政区域或地理区域作为评估区域。

4.2 评估单元

根据评估区域的范围大小、地理环境特征和社会经济发展状况,结合评估目的和成果应用需求,可以选取行政单元(如沿海区县、乡镇、社区、村等)或空间网格(如经纬度网格、基于土地利用的区域网格等)作为评估单元。

5 评估资料

收集评估区域内的相关基础资料,主要包括:

- a) 比例尺 1:10 000 或更高精度的沿海数字高程数据;
- b) 海岸带基础地理信息资料,主要包括区域内水系(包括重要河道)、居民点(省会城市、直辖市、地级市、县、乡镇、村)、交通(铁路、高速公路、国道、省道、县道、机场)、境界线(国界、省界、县界、乡界、村界)、地貌、岸段、岛屿、礁石、海洋注记等,具体要求见 GB 21139—2007 中的有关规定;
- c) 典型潮位站长期连续潮位资料见 GB/T 14914;
- d) 沿岸堤防数据,包括设计年限、堤线、堤顶宽度、堤顶高程、堤身断面、护面结构、消浪设施、岸滩防护、穿堤建筑物等;
- e) 防洪排涝设计标准;
- f) 土地利用现状和规划二级分类空间分布数据,分类方法见 GB/T 21010;
- g) 重要或敏感承灾体数据,包括核电厂、石油石化企业、沿海重点防护工程、自然保护区、重要通讯设施和交通线等;
- h) 生态环境和海洋灾害数据信息,包括滨海湿地、河流、湖泊水库、地下水储量、土壤盐渍化、咸潮、海水入侵、风暴潮等;
- i) 社会经济统计数据;
- j) 补充调查资料,对基础资料不完整或者不能满足精度要求的区域,则应补充调查,最大程度保证资料的现势性和精度。

6 评估方法

6.1 海平面上升分析与预测

分析评估区域内海平面的季节变化特征和长期变化趋势,计算各岸段的海平面上升速率,预测未来海平面上升幅度。海平面上升的分析与预测结果用于海平面上升影响的脆弱区评估。海平面上升分析预测方法见附录 A。

6.2 基于行政单元的海平面上升影响脆弱区评估

6.2.1 适用范围

以行政单元作为评估单元的海平面上升影响脆弱区评估技术适用于包含多个沿海省、沿海城市或

地区等较大范围的区域性评估,主要面向国家和地方沿海战略规划、社会经济发展等宏观需求。

6.2.2 评估框架和指标体系构建

构建脆弱性评估框架,综合考虑沿海评估单元的海岸带自然环境状况、社会经济状况和适应能力状况等确定海平面上升脆弱区评估的指标体系,见附录 B。根据各项指标的特征和影响程度不同,设定各评估指标的权重系数,见附录 C。

6.2.3 指标数据标准化处理

数据处理应遵循可比较原则,对各评估单元间的评估指标进行标准化处理,形成的标准化量值反映海平面上升对评估因子在不同评估单元间的影响程度。评估指标数据标准化后的量值用于评估模型的计算。

将各评估单元指标 p 的数值排列成一数据序列 p_1, p_2, \dots, p_n , 其中 n 为评估单元的个数。

标准化处理公式如下:

$$A_i = N[p_i - \min(p_i)] / [\max(p_i) - \min(p_i)] + 1 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

A_i ——第 i 个评估单元指标 p 的标准化量值;

i ——评估单元序号, $i = 1, 2, \dots, n$;

N ——量化参数;

p_i ——第 i 个评估单元的指标数值。

一般将量化参数 N 取为 4, 即 A_i 的值域范围介于 1~5。

6.2.4 自然环境脆弱性分析

海平面上升的海岸带自然环境脆弱性评估主要考虑沿海地区的海平面上升状况、地形状况、潮汐特征、生态环境状况和灾害状况等几个方面分别选取相应评估指标。

获取各评估单元的各项海岸带自然环境脆弱性指标数值,并经标准化处理后,计算各评估单元的海岸带自然环境脆弱性指数值。指数值的大小即反映各评估单元海岸带自然环境脆弱性程度的高低。

自然环境脆弱性指数计算模型:

$$V_N = \sum_{i=1}^n N_i a_i \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

V_N ——自然环境脆弱性指数;

N_i ——自然环境脆弱性评估的第 i 个指标的标准化量值;

a_i ——第 i 个自然环境指标的权重系数;

n ——自然环境指标的个数。

6.2.5 社会经济脆弱性分析

海平面上升的社会经济脆弱性评估主要考虑沿海地区的社会和经济状况,分别选用人口数、人口密度、国民生产总值、地均国民生产总值、财政收入等作为脆弱性指标。

获取各评估单元的社会经济脆弱性指标数值,并经标准化处理后,计算各评估单元的脆弱性指数值。指数值的大小即反映各评估单元社会经济脆弱性程度的高低。

社会经济脆弱性指数计算模型:

$$V_s = \sum_{i=1}^n S_i b_i \dots\dots\dots (3)$$

式中：
 V_s ——社会经济脆弱性指数；
 S_i ——社会经济脆弱性评估的第 i 个指标的标准化量值；
 b_i ——第 i 个社会经济指标的权重系数；
 n ——社会经济指标的个数。

6.2.6 适应能力分析

沿海地区适应海平面上升的能力评估主要考虑工程性措施和非工程性措施,选用经费投入、专业评估预测机构数、专业人员数、海平面上升及影响监测站点数、城镇防洪排涝防御标准和堤防达标率等作为评估指标。

获取各评估单元的适应能力指标数值,并经标准化处理后,计算各评估单元的适应能力指数值。指数值的大小即反映各评估单元适应海平面上升能力的高低。

适应能力指数计算模型:

$$V_A = \sum_{i=1}^n A_i c_i \dots\dots\dots (4)$$

式中：
 V_A ——适应能力指数；
 A_i ——适应能力评估的第 i 个指标的标准化量值；
 c_i ——第 i 个适应能力指标的权重系数；
 n ——适应能力指标的个数。

6.2.7 脆弱性指数值计算

利用各评估单元的海岸带自然环境脆弱性指数值、社会经济脆弱性指数值和适应能力指数值,计算各评估单元的海平面上升影响脆弱性指数值。指数值的大小即反映了该评估单元海平面上升脆弱性程度的高低。

海平面上升影响脆弱性指数计算模型:

$$V_{SL} = V_N \times V_s / V_A \dots\dots\dots (5)$$

式中：
 V_{SL} ——海平面上升影响的脆弱性指数；
 V_N ——海岸带的自然环境脆弱性指数；
 V_s ——社会经济脆弱性指数；
 V_A ——适应能力指数。

根据模型计算得到的各评估单元的海平面上升影响的脆弱性指数(V_{SL})评估各单元的脆弱性程度, V_{SL} 的量值值越大,该评估单元的海平面脆弱性越大。

6.2.8 脆弱区划分

根据各评估单元的海平面上升影响脆弱性指数值的大小和评估区域海平面上升及影响的现状,设置海平面上升影响脆弱区等级划分标准(表 1),将各评估单元的海平面上升脆弱性等级由高到低划分为Ⅰ级(高)、Ⅱ级(较高)、Ⅲ级(中)和Ⅳ级(低)共 4 个等级。

表 1 基于行政单元的海平面上升脆弱区等级划分标准

脆弱区等级	I 级	II 级	III 级	IV 级
脆弱性程度	高	较高	中	低
脆弱性指数值	$V_{SL} > 3.0$	$2.5 < V_{SL} \leq 3.0$	$2.0 < V_{SL} \leq 2.5$	$V_{SL} \leq 2.0$

6.3 基于空间网格的海平面上升影响脆弱区评估

6.3.1 适用范围

基于空间网格的海平面上升影响脆弱区评估技术适用于对沿海城市城区、沿海县、河口三角洲地区等区域范围较小的地区进行较为精细化的评估,主要面向城市规划、工程设计及选址等需求。

6.3.2 情景设定

利用潮位观测数据,推算评估区的平均高潮位、平均潮位和重现期潮位。基于对评估区域未来海平面上升的预测结果,结合评估区主要潮汐特征要素,设定情景:

情景 1:某一时段的海平面上升幅度 + 百年一遇高潮位 + 考虑防御能力

情景 2:某一时段的海平面上升幅度 + 平均潮位 + 不考虑防御能力

情景 3:某一时段的海平面上升幅度 + 平均高潮位 + 不考虑防御能力

6.3.3 考虑沿海地区防御能力的海平面上升可能影响范围分析

基于情景 1 的设定,利用沿海地区的数字地面高程数据,在考虑沿海地区防御能力的条件下,推算评估区在海平面上升背景下百年一遇潮位的可能影响范围。方法参见附录 D。

6.3.4 不考虑沿海地区防御能力的海平面上升可能影响范围分析

基于情景 2 和情景 3 的设定,利用沿海地区的数字地面高程数据,在不考虑沿海地区防御能力的条件下,分别推算评估区在海平面上升背景下平均潮位和平均高潮位的可能影响范围。

在不考虑堤防设施的条件下,根据数字地面高程数据计算低于海平面上升情景设定高度下的影响范围。主要技术要点如下:

- 设定拟提取的高度值 H ;
- 根据高度 H 重新分类评估区域数字地面高程数据,即分成: $>H$ 和 $\leq H$ 两类;
- 将 $\leq H$ 的数据转换成矢量数据,并进行相邻合并;
- 得到的数据再根据评估区域裁剪获得海平面上升影响的陆地区域;
- 根据连通性原理,剔除孤立的内陆岛,最终提取的数据即为可能影响范围。

6.3.5 沿海地区脆弱性分析评估

基于沿海地区的土地利用状况分类数据,分析各类型土地利用状况在海平面上升背景下的脆弱性程度,评估各土地利用类型空间网格区域的脆弱性量化值,方法参见附录 E。

6.3.6 海平面上升影响的脆弱区划分

综合海平面上升的可能影响范围、沿海地区脆弱性评估结果以及沿海重要或敏感承灾体分布状况,将评估区海平面上升的可能影响区域按照空间网格划分为 I 级(高)、II 级(较高)、III 级(中等)和 IV 级(低)等 4 个等级的脆弱区。

在海平面上升的可能影响范围内,重要或敏感承灾体(如核电厂、石油石化企业、沿海重点防护工程、重要通讯及交通线、自然保护区等)所在的空间网格区域直接划为Ⅰ级脆弱区。

依据海平面上升的可能影响范围、沿海地区脆弱性评估量化值,划分评估区其他空间网格的脆弱区等级。海平面上升影响脆弱区等级与影响范围及脆弱性量化值的对应关系参见表 2。

表 2 海平面上升影响脆弱区等级与影响范围及土地利用脆弱性量化值对应关系表

土地利用脆弱性量化值	情景		
	情景 1	情景 2	情景 3
1	Ⅰ级	Ⅰ级	Ⅱ级
2	Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅲ级
3	Ⅱ级	Ⅲ级	Ⅳ级
4	Ⅲ级	Ⅳ级	Ⅳ级

7 评估成果

7.1 图件制作

绘制海平面上升影响脆弱区评估的相关图件,图件绘制要求参见附录 F。

- a) 基于行政单元的海平面上升影响脆弱区评估的主要成果图件包括:
 - 1) 沿海地区各岸段海平面变化状况分布图;
 - 2) 沿海各评估单元海平面上升自然环境脆弱性分布图;
 - 3) 沿海各评估单元海平面上升社会经济脆弱性分布图;
 - 4) 沿海各评估单元海平面上升适应能力分布图;
 - 5) 沿海评估单元海平面上升影响脆弱区等级区划图。
- b) 基于空间网格的海平面上升影响脆弱区评估的主要成果图件包括:
 - 1) 沿海地区海平面变化曲线图;
 - 2) 沿海地区海平面上升可能影响范围图;
 - 3) 沿海地区主要承灾体海平面上升影响状况图;
 - 4) 沿海地区海平面上升影响脆弱区等级区划图。

7.2 评估报告编制

编制海平面上升影响脆弱区评估报告,报告的内容和格式见附录 G。

8 资料和成果归档

8.1 归档范围

海平面上升影响脆弱区评估原始资料和成果资料应进行归档:

- a) 原始资料包括:收集的各类观测、影响和评价资料,以及重要的技术文件等;
- b) 成果资料包括:分析评估结果、成果图件、评估报告等。

8.2 归档要求

归档材料应按照 HY/T 056—2010 和 HY/T 058—2010 的要求,对所形成的文件材料加以系统整理、分类、编目,及时提交档案管理部门归档。

附 录 A
(资料性附录)
海平面上升分析预测方法

A.1 模型构建

海平面变化统计分析方法主要有随机动态、经验模态分析、灰度与 Barnett 等模型。本标准推荐的随机动态模型是一种实用而高效的分析方法,适用于长时间序列海平面资料,目前已经广泛应用于海平面变化分析预测。

随机动态分析预测模型利用功率谱分析方法寻找海平面变化周期,使用 F 检验法确定周期的显著性,根据残差序列性质,建立海平面上升分析预测的模型。

模型将平均海面序列视为如下的叠加形式:

$$Y(t) = T(t) + P(t) + X(t) + \alpha(t) \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

$Y(t)$ ——月均海平面;

$T(t)$ ——确定性趋势项;

$P(t)$ ——确定性周期项;

$X(t)$ ——一剩余随机序列;

$\alpha(t)$ ——白噪声序列;

t ——时间。

只要找出序列中确定性部分和随机性部分的具体表达形式及系数,即可对原始数据进行拟合并采用外推进行预报。

A.2 确定性部分模型

确定性趋势项取为一次多项式:

$$T(t) = A_0 + Bt \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

A_0 ——起始月份的平海平面;

B ——海平面线性变化速率。

假设在海平面序列中存在 K 个显著周期变化,则确定性周期项为:

$$P(t) = \sum_{i=1}^K C_i \cos(\sigma_i t - \varphi_{i0}) \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

σ_i 、 C_i 、 φ_{i0} 为第 i 周期的角速率、振幅与初相角。从而初步模型可写为:

$$Y(t) = A_0 + Bt + \sum_{i=1}^K C_i \cos(\sigma_i t - \varphi_{i0}) \dots\dots\dots (A.4)$$

A.3 寻找周期

采用最大熵谱法分析方法寻找海平面变化周期,通过 F 检验法对找到的所有周期进行显著性检

验,确定海平面显著变化周期。

A.4 确定性部分系数计算

采用线性最小二乘法拟合计算确定性部分趋势性系数(A_0 、 B)与周期项系数(C_i 、 φ_{i0})。

A.5 残差序列性质的检验

确定性部分求得后,从原始数据中去掉它,得到残差序列:

$$Y'(t) = Y(t) - \left\{ A_0 + Bt + \sum_{i=1}^K C_i \cos(\sigma_i t - \varphi_{i0}) \right\} \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

此残差序列因已去掉确定性部分,可认为是一随机序列。经检验,若残差序列为平稳、正态与非独立序列,则可对其建随机动态自回归 AR 模型。

A.6 AR(P)模型确定

故可对残差 $Y'(t)$ 建立 AR 模型:

$$Y'(t) = \sum_{j=1}^P \phi_j Y'(t-j) \quad \dots\dots\dots (A.6)$$

式中:

ϕ_j —— 自回归系数;

P —— 自回归模型阶数。

阶数(P)用模型定阶的最小信息准则来确定。即

$$AIC = N \ln \sigma_a^2 + 2(P+1) \quad \dots\dots\dots (A.7)$$

为最小来确定 P 。

$$\begin{cases} \sigma_a^2 = r(0) - \sum_{j=1}^P \phi_j r(j) \\ S^2 = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N Y'(t)^2 \\ r(m) = \frac{1}{N-1} \sum_{t=1}^{N-m} \left[\frac{Y'(t)Y'(t+m)}{S^2} \right] \quad (m=0,1,\dots,P) \end{cases} \quad \dots\dots\dots (A.8)$$

式中:

S^2 —— 残差平方和均值;

r —— 残差自协方差函数;

σ_a^2 —— 白噪声方差。

自回归系数 $\phi_j, j=1,2,\dots,P$ 由下面递推公式计算。

$$\begin{cases} \phi_1^1 = \frac{r(1)}{r(0)} \\ \phi_p^p = \frac{r(P) - \sum_{j=1}^{P-1} \phi_j^{P-1} r(P-j)}{r(0) - \sum_{j=1}^{P-1} \phi_j^{P-1} r(j)} \\ \phi_j^p = \phi_j^{p-1} - \phi_p^p \phi_{p-j}^{p-1} \quad (j=1,2,\dots,P-1) \end{cases} \quad \dots\dots\dots (A.9)$$

A.7 建立模型及其求解

将确定部分与随机动态部分模型叠加,形成海平面上升分析预测模型:

$$Y(t)=A_0+Bt+\sum_{i=1}^KC_i\cos(\sigma_it-\varphi_{i0})+\sum_{j=1}^P\phi_jY'(t-j)+a(t)\quad\cdots\cdots(\text{A.10})$$

式中:

$$Y'(t)=Y(t)-[A_0+Bt+\sum_{i=1}^KC_i\cos(\sigma_it-\varphi_{i0})]。$$

附 录 B
(资料性附录)
脆弱性评估指标体系

B.1 评估指标

综合考虑指标确定的目的性、系统性、科学性、可比性和可操作性原则,分别按照海岸带的自然环境状况、社会经济状况、适应能力状况等,选取相应的指标描述海平面上升的脆弱性(表 B.1)。

表 B.1 海平面上升脆弱性评估指标体系

因子层		指标层
自然环境	海平面变化	上升速率(mm/年)
		上升幅度(mm)
		年较差(cm)
	地形	地面高程状况(%)
		地面沉降率(mm/年)
		岸线长度(km)
		海岸线类型和稳定性(无量纲)
	潮汐特征	最高潮位(cm)
		平均高潮位(cm)
		平均潮差(cm)
	生态环境	滨海湿地面积(km ²)
		河流长度(km)
		湖泊水库面积(km ²)
		地下水储量(m ³)
	灾害	土壤盐渍化面积(km ²)
		咸潮上溯距离(km)
		海水入侵距离(km)
		最大风暴增水(m)
社会经济	人口	居民总数(万人)
		人口密度(人/km ²)
		城镇化水平(%)
		从业人口比例(%)
	经济	地区生产总值(亿元)
		地均地区生产总值(万元/km ²)
		地方财政收入(亿元)

表 B.1 (续)

因子层		指标层
社会经济	经济	固定资产投资额(亿元)
		规模以上工业企业数(个)
		重大沿海工程设施数(个)
适应能力	非工程性措施	适应气候变化经费投入(万元)
		专业海平面评估预测机构数(个)
		专业人员数(人)
	工程性措施	海平面上升及影响监测站点数(个)
		城镇防洪排涝防御标准(多年一遇)
		堤防达标率(%)

B.2 主要评估指标说明

上升速率:根据沿海地区海平面监测站观测数据计算得到的相对海平面上升速率。

上升幅度:根据沿海地区海平面监测站观测数据预测得到的未来某一时段相对海平面上升幅度值。

年较差:根据沿海地区海平面监测站观测数据计算得到的年最高月均海平面和最低月均海平面的高度差。

地面高程状况:即高程低于 5 m 的沿海地区面积占比,基于数字地面高程数据,计算得到的评估单元内地面高程低于 5 m 且与海相连地区的面积占评估单元总面积的比例。

地面沉降率:指评估单元沿海地区平均地面沉降速率。

岸线长度:评估单元海岸线的总长度。

海岸线类型和稳定性:海岸线类型可分为基岩海岸、砂质海岸、粉砂淤泥质海岸,海岸稳定性分为淤涨、稳定、侵蚀三类。如某一评估单元存在多种类型则按照占比最大的一类计算。根据各评估单元的海岸线类型和稳定性对各评估单元进行数量化,量化基准见表 B.2。

表 B.2 海岸线类型和稳定性量化基准及量化值

量化基准	量化值
侵蚀性的粉砂淤泥质海岸	5
侵蚀性的砂质海岸	4
稳定的砂质和粉砂淤泥质海岸、人工海岸	3
淤涨的砂质和粉砂淤泥质海岸	2
基岩海岸	1

最高潮位:相对于当地平均海平面的最高潮位观测值。

平均高潮位:根据沿海地区验潮站观测数据计算得到的当地高潮位的平均值,相对于国家 85 高程(当地平均海平面)。

平均潮差:根据沿海地区验潮站观测数据计算得到的潮差平均值,对于规则(不规则)半日潮地区计算大小潮的平均潮差,对于规则(不规则)日潮地区计算大潮的平均潮差。

滨海湿地面积:评估单元滨海湿地的总面积。

河流长度:评估单元内主要河流的总长度。

湖泊水库面积:评估单元内主要湖泊水库的总面积。

地下水储量:评估单元地下水总储量。

土壤盐渍化面积:评估单元土壤盐渍化总面积。

咸潮上溯距离:评估单元主要河流咸潮上溯的最大距离。

海水入侵距离:评估单元海水入侵的最大距离。

最大风暴增水:根据沿海地区验潮站观测数据计算得到的评估单元内风暴增水的最大值。

居民总数:评估单元的人口总数。

人口密度:评估单元的人口总数/评估单元总面积。

城镇化水平:评估单元城镇人口占总人口的比例。

从业人口比例:评估单元从业人口占总人口的比例。

地区生产总值:评估单元的地区生产总值。

地均地区生产总值:评估单元的地区生产总值/评估单元总面积。

地方财政收入:评估单元的地方性财政一般预算收入。

固定资产投资额:评估单元的固定资产投资总额。

规模以上工业企业数:评估单元的规模以上工业企业总数。

重大沿海工程设施数:评估单元的沿海地区较为重大的海洋工程设施数量。

应对气候变化经费投入:评估单元用于应对气候变化投入经费的总数。

专业海平面评估预测机构数:评估单元的专业从事海平面分析评估预测研究的机构数量。

专业人员数:评估单元的专业从事海平面分析评估预测研究的人员数量。

海平面上升及影响监测站点数:评估单元用于海平面上升及影响监测站点总数量。

城镇防洪排涝防御标准:评估单元的防御标准现状。

堤防达标率:评估单元的达标堤防占总堤防的比例。

附录 C

(资料性附录)

指标权重计算方法

C.1 概述

脆弱性评估中由于各项指标的特征和影响程度不同,需对各个指标分配一个权重值,以便使评估更加合理可靠。指标权重的计算一般采用层次分析法。运用层次分析法建模,大体上可按下面 4 个步骤进行。

C.2 递阶层次结构的建立

应用层次分析法分析决策问题时,首先明确要分析决策的问题,并把问题条理化、层次化,构造出一个有层次的结构模型。在这个模型下,复杂问题被分解为元素的组成部分。这些元素又按其属性及关系形成若干层次。上一层次的因素作为准则对下一层次有关元素起支配作用。这些层次可以分为三类:

- a) 最高层:这一层次中只有一个元素,一般它是分析问题的预定目标或理想结果,因此也称为目标层。
- b) 中间层:这一层次中包含了为实现目标所涉及的中间环节,它可以由若干层次组成,包括所需考虑的准则、子准则,因此也称为准则层。
- c) 最底层:这一层包括了为实现目标可供选择的各种措施、决策方案等,因此也称为措施层或方案层。

明确各个层次的因素及其位置,并将它们之间的关系用连线连接起来,就构成了递阶层次结构。递阶层次结构中的层数与问题的复杂程度及需要分析的详尽程度有关,一般的层数不受限制。每一层次中各元素所支配的元素一般不要超过 9 个,这是因为支配的元素过多会给两两比较判断带来困难。

C.3 构造判断矩阵

要比较 n 个因子 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 对某因素 Z 的影响大小,为了得到可信的数据比较结果,采取对因子进行两两比较建立成对比较矩阵的办法,即每次取两个因子 x_i 和 x_j ,以 a_{ij} 表示 x_i 和 x_j 对 Z 的影响大小之比,全部比较结果用矩阵 $A = (a_{ij})_{n \times n}$ 表示,称 A 为 Z - X 之间的成对比较判断矩阵(简称判断矩阵)。判断矩阵具有下述性质: $a_{ij} > 0$; $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$ ($i, j = 1, 2, \dots, n$); $a_{ii} = 1$ ($i = 1, 2, \dots, n$)。满足上述性质的矩阵 A 称为正互反矩阵,对一个有 n 个元素的判断矩阵需给出其上(或下)三角的 $\frac{n(n-1)}{2}$ 个元素,即需要作 $\frac{n(n-1)}{2}$ 次判断。

引用数值 1~9 及其倒数作为标度确定 a_{ij} 的值。

表 C.1 标度的含义

标度	含义
1	表示两个因素相比,具有相同重要性
3	表示两个因素相比,前者比后者稍重要
5	表示两个因素相比,前者比后者明显重要
7	表示两个因素相比,前者比后者强烈重要
9	表示两个因素相比,前者比后者极端重要
2,4,6,8	表示上述相邻判断的中间值
倒数	若因素 <i>i</i> 与因素 <i>j</i> 的重要性之比为 a_{ij} ,那么因素 <i>j</i> 与因素 <i>i</i> 的重要性之比为 $a_{ji}=\frac{1}{a_{ij}}$

C.4 层次单排序及一致性检验

对于判断矩阵 A 对应于最大特征值 λ_{\max} 的特征向量 W ,经归一化后即为同一层次相应因素对于上一层某因素相对重要性的排序权重值,这一过程称为层次单排序。

解判断矩阵的方法有和积法、方根法、幂法等,这里简要介绍和积法。

和积法的原理是,对于一致性判断矩阵,每一列归一化后就是相应的权重。对于非一致性判断矩阵,每一列归一化后近似其相应的权重,再对这 n 个列向量求取算术平均值作为最后的权重。

利用和积法计算判断矩阵最大特征根及其对应特征向量的计算步骤如下:

a) 将判断矩阵每一列归一化:

$$\bar{a}_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{kj}} \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

b) 每一列经归一化后的判断矩阵按行相加:

$$\bar{W}_i = \sum_{j=1}^n \bar{a}_{ij} \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad \dots\dots\dots (C.2)$$

c) 对向量 $\bar{W}=(\bar{W}_1, \bar{W}_2, \dots, \bar{W}_n)^T$ 归一化:

$$W_i = \frac{\bar{W}_i}{\sum_{j=1}^n \bar{W}_j} \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad \dots\dots\dots (C.3)$$

所得到的 $W=(W_1, W_2, \dots, W_n)^T$ 即为所求的特征向量。

d) 计算判断矩阵最大特征根 λ_{\max} :

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{n W_i} \quad \dots\dots\dots (C.4)$$

式中: $(AW)_i$ 表示 AW 的第 i 个元素。

对判断矩阵的一致性检验的步骤如下:

1) 计算一致性指标 CI :

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad \dots\dots\dots (C.5)$$

2) 查找相应的平均随机一致性指标 RI :

对 $n=1, \dots, 9$,给出了 RI 的值,见表 C.2。

表 C.2 RI 的值

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

3) 计算一致性比例 CR:

$$CR = \frac{CI}{RI} \dots\dots\dots (C.6)$$

当 $CR < 0.10$ 时,认为判断矩阵的一致性是可以接受的;否则,应对判断矩阵作适当修正。

C.5 层次总排序及一致性检验

上面得到的是一组元素对其上一层中某元素的权重向量。而最终要得到各元素,特别是最底层中各方案对于目标的排序权重,从而进行方案选择。总排序权重要自上而下的将单准则下的权重进行合成。

设上一层次(A 层)包含 A_1, \dots, A_m 共 m 个因素,它们的层次总排序权重分别为 a_1, \dots, a_m ;又设其后的下一层次(B 层)包含 n 个因素 B_1, \dots, B_n ,它们关于 A_j 的层次单排序权重分别为 b_{1j}, \dots, b_{nj} (当 B_i 与 A_j 无关联时, $b_{ij} = 0$)。现求 B 层中各因素关于总目标的权重,即求 B 层各因素的层次总排序权重 b_1, \dots, b_n ,即:

$$b_i = \sum_{j=1}^m b_{ij} a_j \quad (i = 1, 2, \dots, n) \dots\dots\dots (C.7)$$

对层次总排序也需作一致性检验,检验按照层次单排序的方法由高层到低层逐层进行。设 B 层中与 A_j 相关的因素的成对比较判断矩阵在单排序中经一致性检验,求得单排序一致性指标为 $CI(j)$ ($j = 1, \dots, m$)和相对应的平均随机一致性指标为 $RI(j)$ [$CI(j)$ 和 $RI(j)$ 已在层次单排序时求得],则 B 层总排序随机一致性比例为:

$$CR = \frac{\sum_{j=1}^m CI(j) a_j}{\sum_{j=1}^m RI(j) a_j} \dots\dots\dots (C.8)$$

当 $CR < 0.10$ 时,认为层次总排序结果具有较满意的一致性并接受该分析结果;否则,应对判断矩阵作适当修正。

附录 D

(资料性附录)

考虑沿海地区防御能力的海平面上升可能影响范围分析方法

D.1 概述

考虑沿海地区防御能力的海平面上升可能影响范围主要推算方法是结合海堤高程、海平面上升和重现期潮位,计算不同岸段的漫堤进水量,再根据地表高程特征推算这一进水量可能的淹没范围。

D.2 直接淹没算法

具体方法见 HY/T 134—2010 中 6.5 有关内容。

D.3 种子蔓延算法

种子蔓延算法是一种基于种子空间特征的扩散探测算法,其核心思想是将给定的种子点作为一个对象,赋予特定的属性,在某一平面区域上沿 4 个(或 8 个)方向游动扩散,按给定水位条件,求取满足精度、连通性要求的点的集合,该集合给出的连续平面即所要求算的淹没区范围。满足水位条件但与种子点不具备连通关联性的其他连续平面,将不能进入集合区内。种子点的起始位置一般选在堤坝、岸边界等特征点处,即评估区发生潮水漫堤的地点,将满足所有条件的连通关联淹没点存入缓存区并不断地进行累加,从而使淹没区域不断扩大。

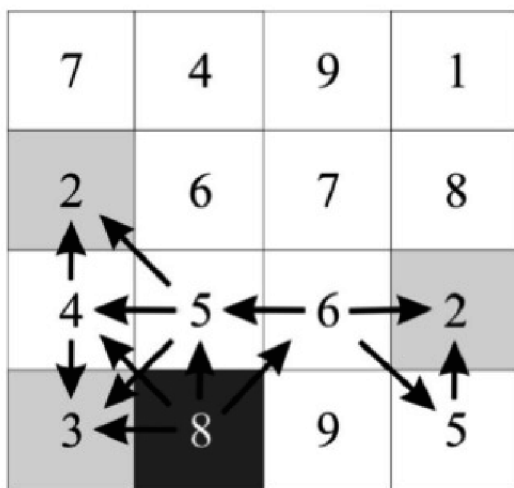


图 D.1 种子蔓延过程演示

通过图 D.1 解释有源淹没的具体规则和过程:首先以深灰色方格(高程为 8)作为种子开始搜寻周围 8 个方向,选择高程低于 8 的方格进行淹没;依据同样规则,依次搜索完工作区内所有满足要求的方格后,洪水会在浅灰色方格(高程分别为 3、2、2)中积水;只有当浅灰色方格中积水水位逐渐抬高,水位高程高于周边 8 个方向中高程最低的一个方格时,会再次启动搜索,整个淹没过程就是在积水水位不断变化后循环搜索路径,直到淹没方格的总积水量等于给定初始洪水量停止,最终提取所有积水方格和水流至少经过一次的方格,构成总淹没面积;图中最上方一行的三个方格(高程分别为 7、4、1)的高程虽然

都低于起始的种子方格(高程为 8),但由于不具有连通性,在第一次搜索过程中不会被统计进入淹没面积。

可能影响范围分析步骤如下:

- a) 评估沿海各岸段海堤高程状况,选取漫堤入水点的位置。
- b) 结合海堤高程和沿海潮位特征,计算得到各岸段漫堤进水量。根据水力学计算原理,可将沿海分布的海堤视作宽顶堰计算其潮水自由入流状态下的漫堤进水量。

潮水漫堤计算公式为:

$$Q = u \times B \times \sqrt{2g} \times H^{1.5} \quad \dots\dots\dots (D.1)$$

式中:

Q ——进水量,单位立方米;

u ——流量系数(对于无坎宽顶堰一般取值 0.2~0.3,堤顶越宽取值越小);

B ——漫堤长度,单位米(m);

g ——重力加速度;

H ——堤上水头, $H = G$ (潮高) - P (堤顶高),单位米(m)。

- c) 从入水点位置开始搜寻周边 8 个方向上满足所有条件的连通栅格,水流经过的栅格都进行标注,同时每流经一个栅格设置一定的水量损耗,最终满足积水量与进水量相等时停止搜寻,所有被标记栅格组成的区域范围即漫堤进水的可能影响区域。

附录 E
(资料性附录)

土地利用与脆弱性关系参考表

本附录中的土地利用现状分类,参见 GB/T 21010。

脆弱性量化值评估方法为,参照表 E.1 中土地利用现状分类与脆弱性等级范围对应关系,确定评估区各评估单元的脆弱性量化值。

表 E.1 中的脆弱性量化值对应关系为参考性资料,可以根据评估区域实际情况进行调整。

表 E.1 土地利用现状分类与脆弱性等级范围对应关系

土地利用现状一级类			土地利用现状二级类		
编码	名称	脆弱性量化值	编码	名称	脆弱性量化值
01	耕地	3~4	011	水田	3
			012	水浇地	3
			013	旱地	4
02	园地	4	021	果园	4
			022	茶园	4
			023	其他园地	4
03	林地	4	031	有林地	4
			032	灌木林地	4
			033	其他林地	4
04	草地	4	041	天然牧草地	4
			042	人工牧草地	4
			043	其他草地	4
05	商服用地	2~3	051	批发零售用地	3
			052	住宿餐饮用地	2
			053	商务金融用地	2
			054	其他商服用地	2
06	工矿仓储用地	1~2	061	工业用地	1~2
			062	采矿用地	1~2
			063	仓储用地	1~2
07	住宅用地	1	071	城镇住宅用地	1
			072	农村宅基地	1

表 E.1 (续)

土地利用现状一级类			土地利用现状二级类		
编码	名称	脆弱性量化值	编码	名称	脆弱性量化值
08	公共管理与公共服务用地	1~4	081	机关团体用地	3
			082	新闻出版用地	3
			083	科教用地	1
			084	医卫慈善用地	1
			085	文体娱乐用地	2
			086	公共设施用地	2~3
			087	公园与绿地	4
			088	风景名胜设施用地	4
09	特殊用地	3~4	091	军事设施用地	—
			092	使领馆用地	—
			093	监教场所用地	4
			094	宗教用地	3
			095	殡葬用地	4
10	交通运输用地	1~2	101	铁路用地	1~2
			102	公路用地	2
			103	街巷用地	1~2
			104	农村道路	2
			105	机场用地	1~2
			106	港口码头用地	1~2
			107	管道运输用地	1~2
11	水域及水利设施用地	2~4	111	河流水面	3
			112	湖泊水面	3
			113	水库水面	2
			114	坑塘水面	4
			115	沿海滩涂 (注:不包括滩涂农用地)	4
			116	内陆滩涂	4
			117	沟渠	4
			118	水工建筑用地	2~3
			119	冰川及永久积雪	4

表 E.1（续）

土地利用现状一级类			土地利用现状二级类		
编码	名称	脆弱性量化值	编码	名称	脆弱性量化值
12	其他土地	3~4	121	空闲地	4
			122	设施农用地 (注：包括滩涂农用地)	3~4
			123	田坎	4
			124	盐碱地	4
			125	沼泽地	4
			126	沙地	4
			127	裸地	4

附 录 F
(资料性附录)

海平面上升影响脆弱区评估成果图件要求

F.1 投影坐标

图件投影采用高斯-克吕格投影,CGS2000 坐标系。

F.2 图件要素

海平面上升影响的脆弱区评估成果图件应包括以下要素：

- a) 基础地理要素,包括岸线、等深线、等铁路、主要公路、河流、水库、居民地等;
- b) 必要的整饰内容,包括图廓、图名、比例尺、坐标高程系、接幅表、资料来源、制作时间、制作单位落款等;
- c) 图例。

附 录 G
(规范性附录)

海平面上升影响脆弱区评估报告格式

G.1 文本规格

文本外形尺寸为 A4(210 mm×297 mm)。

G.2 封面格式

第一行书写:××(评估区)(一号宋体、加黑,居中)。

第二行书写:海平面上升影响脆弱区评估报告(一号宋体、加黑,居中)。

第三行书写:报告编制单位全称(三号宋体、加黑,居中)。

第四行书写:××××年××月(小三号宋体、加黑,居中)。

G.3 封里内容

封里中应分行写明:评估项目实施单位全称(加盖公章);项目负责人、技术总负责人和主要参加人员姓名;报告书编制单位全称(加盖公章);编制人、审核人姓名;编制单位地址;通信地址;邮政编码;联系人姓名;联系电话;E-mail 地址等内容。

G.4 目录

报告应有目录页,置于前言之前。

G.5 报告正文编制大纲

技术报告正文编写内容大纲如下:

- a) 第 1 章“前言”,内容包括任务来源、任务工作背景、任务工作内容和主要成果简介等;
- b) 第 2 章“评估区域概况”,内容包括评估区自然环境概述、社会经济概况及发展规划等;
- c) 第 3 章“资料收集整理”,内容包括评估区资料收集和整理情况等描述;
- d) 第 4 章“脆弱区评估”,内容包括海平面上升影响的脆弱区分析计算方法、评估过程和结果等描述;
- e) 第 5 章“对策与建议”,内容包括根据海平面上升影响的脆弱区评估结果,针对不同等级的脆弱区提出沿海地区应对海平面上升的对策和建议。

中华人民共和国海洋
行 业 标 准
海平面上升影响脆弱区评估技术指南
HY/T 227—2018

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: www.spc.org.cn

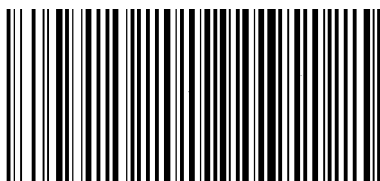
服务热线: 400-168-0010

2019年2月第一版

*

书号: 155066 · 2-33869

版权专有 侵权必究



HY/T 227-2018